

Particularidades de las locomotoras de maniobras

(Párrafos de un estudio de remolcadora para la estación Alameda)

POR

JOSÉ M. POMAR

INTRODUCCION

Desde la primera locomotora «The Rocket» 0-2-2 contruida por Stephenson en 1829, con un peso de 4,3 t. capaz de remolcar en horizontal 13 t. a 22 Km/h. hasta las actuales «Triplex Compound» articuladas 2—8+8—2 del «Erie Railway» (1914), con 342 t. de peso total y con un esfuerzo de tracción de 73 t.; en tres cuartos de siglo han sido enormes los progresos en el cálculo y fabricación de las locomotoras y si comparamos las máquinas de algunos lustros a esta parte con las de nuestros días, vemos que la locomotora actual se encuentra ante todo caracterizada por el gran aumento de potencia, debido a su vez al aumento de la superficie de parrilla, de la superficie de caldeo, de la presión de la caldera, del volumen de los cilindros y del peso adherente.

Uno de los caracteres del adelanto en cualquiera manifestación de la actividad humana es el de la *especialización*. En los tiempos de Robert Stephenson y de Marc Séguin podía la locomotora hacer económicamente toda clase de servicios por ser aquella única en su tipo y éstos, de naciente desarrollo; pero hoy en que la locomotora moderna se calcula y se ejecuta para satisfacer una necesidad especial, *se individualiza* por decirlo así y la locomotora calculada para un servicio dado, trabajará con un pésimo rendimiento si se la saca de las condiciones para las que fué construida.

Agrupando las locomotoras que presentan cierta comunidad de caracteres se las puede clasificar en:

Locomotoras de trenes expresos y de pasajeros,

- » » » rápidos pesados,
- » » » de carga,
- » para rampas,

Locomotoras de trenes de distrito,

» de maniobras, las que ocuparían el último lugar en el escalafón de las locomotoras, sinó existieran además las pequeñas máquinas de tracción para fábricas, para empresas constructoras y para explotaciones de bosques. (1)

Para llevar a término el presente estudio de una locomotora de maniobra para el servicio de formación de trenes en el patio de carga de la estación Alameda, he tenido a la mano varias obras: Para el cálculo de resistencias y características, me he ceñido casi al pie de la letra a la obra «*Traité d'exploitation des Chemins de Fer*» por Flamache, Huberti et Stévant; los datos referentes al equipo de los F. F. C. C. del E. han sido tomado del «*Curso de Ferrocarriles y Caminos*» profesados por don Domingo Victor Santa María, edición 1914, de 2 folletos titulados «*Estudio de una locomotora*» escrito respectivamente por los ingenieros civiles don Leonardo Lira y don Archibaldo Unwin y de un artículo sobre carbones chilenos por don Otto H. Schmidt (A. I. I. Ch. 1911, 298); Algunos datos los he obtenido de la American Locomotive Company, N. Y. y otros de la obra «*Locomotive operation & train control*» por Arthur Julius Wood M. E.

Para llenar algunos vacíos sobre datos de locomotoras de maniobra de otras administraciones, me he valido del «*Etude de la locomotive*» por E. Deharme & A. Pulin, del «*Traité des Chemins de Fer*» por Auguste Moreau y de varios artículos aislados que han visto la publicidad en la «*Révue Générale des Chemins de Fer*», en el «*Bulletin de l'Association du Congrès International des Chemins de Fer*» y en el «*Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens*».

Noticias generales sobre locomotoras las he obtenido del tomo de locomotoras de la obra «*Eisenbahn Technik der Gegenwart*» 1912, verdadera enciclopedia, en la técnica de los F. F. C. C. de la actualidad, como también he consultado «*La Locomotive Actuelle*» de Maurice Demoulin, «*La Machine locomotive*» por Edouard Sauvage, el «*Manual del Ingeniero de Locomotoras*» de la casa «Heuschel & Sohn» Cassel y los catálogos de la misma casa, de la «*Machinenfabrick Esslingen in Esslingen*» y los de Orenstein & Koppel—Arthur Koppel A. G. Berlin.

En la citación abreviada de una locomotora he adoptado la designación tan conocida de la American Locomotive Co. (Whyte): *ruedas* anteriores—*ruedas* acopladas—*ruedas* posteriores y la notación de la Asociación de Administraciones alemanas de F. F. C. C. (V. d. E. V.) que designa con:

A, B, C, D. . . . mayúsculas = 1, 2, 3, 4 . . . *ejes* acoplados y con la cifra árabe 1, 2, puestas antes o después de la letra mayúscula les uno o dos *ejes* portadores delanteros o posteriores respecto a los acoplados.

con el número romano II, III o IV el número de cilindros.

con T, el vapor recalentado.

con t, el vapor húmedo.

con tt, el vapor seco.

(1) Hay también para servicios especiales; locomotoras-tramway, locomotoras rompehielos y locomotoras grúas.

con el signo T la simple expansión y con el signo F la doble expansión o compound con S (Schnellzug), P (Personenzug), G (Güterzug); los trenes expresos, de pasajeros o de carga.

El signo + en ambas designaciones separa las partes de las locomotoras dobles o articuladas.

Este «Estudio de una locomotora» comprende 4 partes:

Capítulo I Datos

- II Resistencias del tren
- III Elección del tipo más apropiado de locomotoras
- IV Cálculo de las características

DEL CAPITULO I

Estudio de una locomotora

Calcular una locomotora para los servicios del remolque en el patio de la estación Alameda.

Estudiar un buen tipo de locomotora es formar un conjunto en la caldera y el vehículo o mejor dicho entre el generador y el mecanismo, que sea lo más armónico posible y que realice como esfuerzo de tracción y velocidades de marcha los que sean fijados por las necesidades de la explotación. (Santa María III, 105.)

Las locomotoras que hacen el servicio de remolque en las estaciones o *locomotoras de maniobra* son las que sirven para armar o descomponer trenes, tanto de pasajeros como de carga; son casi siempre locomotoras-ténder de 4 a 6 ruedas acopladas y de adherencia total. Como no están destinadas sino a servicio intermitentes tienen caldera poco pesada.

Las locomotoras de maniobra se utilizan en las estaciones en que es muy grande el movimiento, para simplificar el servicio de formación de trenes. En las estaciones de menor importancia donde este servicio es limitado, la misma locomotora del tren se encarga de ejecutarlo,

De «La Escuela del maquinista», por J. Brosius y R. Koch. pág. 254.

SERVICIO DE FORMACIÓN DE TRENES. (Verschiebedienst o Rangierdienst).— Todo movimiento de locomotoras, carros aislados o grupos de carros, partes de trenes o también trenes completos, dentro de las estaciones como también en las vías de unión entre estaciones vecinas, talleres o establecimientos industriales, siempre que para estos movimientos no se haya fijado un itinerario especial, se consideran como maniobras de formación de trenes.

Este servicio comprende: la reunión de carros aislados o partes de tren para formar trenes completos, la colocación y traida de carros hacia y desde los puntos de colocación; la división de los trenes con el objeto de hacer otra formación al entrar o salida de los carros aislados para la carga o descarga; la llegada de los carros a los desvíos secundarios, de compostura, a los desvíos para cargar carbón para ir a las casas de máquinas, talleres. etc. etc.

El acoplar o desacoplar los diferentes carros, locomotoras o diferentes partes de tren, además del empleo de los mecanismos para frenar o inmovilizar los carros (frenos de carro, frenos para el servicio de las maniobras, barrotes de arresto, zapatas de freno, cuñas, tacos de parada etc.) pertenecen también al servicio de maniobras.

DIVERSOS MODOS DE FORMACIÓN DE LOS TRENES.—Los movimientos de formación de trenes se ejecutan por hombres, animales o dispositivos mecánicos y también por vías en pendiente (Ablaufgleisen). Las fuerzas de hombres, se pueden emplear únicamente cuando se trata de mover carros aislados. Si estas fuerzas no son suficientes, se hará este servicio con caballos, siempre que no se aprovechara completamente el servicio de una locomotora.

En Inglaterra, se usa mucho al efectuar este servicio de placas giratorias y trasbordadoras, cosa que no ha encontrado aceptación general en Alemania, porque los carros de carga tienen diferentes separaciones de ejes.

Las placas giratorias y los trasbordadores como también los malacates, exigen máquinas especiales a vapor a electricidad o el empleo de fuerzas humanas.

MOVIMIENTOS DE FORMACIÓN DE TRENES POR MEDIO DE LOCOMOTORAS.—De todos los modos de hacer el servicio de maniobras, éste es el más peligroso pues la cantidad de carros que se mueven simultáneamente y la velocidad son mucho más considerables; con esto aumentan también los tirones y choques; en cambio se reduce la visibilidad por sobre el campo de maniobras, sobre el personal y sobre los carros, como también la posibilidad de una rápida y segura comunicación entre los diferentes empleados.

Un tren de maniobras movido por una locomotora y siempre que no disponga de frenos de maniobra servidos, no debe ser mayor a 16 ejes de carros. En las vías con fuertes pendientes mayores de $\frac{1}{400} = \frac{2.5}{1000}$ esta cantidad debe disminuirse correspondientemente.

LA ESTACIÓN ALAMEDA.—La estación Alameda tanto por la importancia y tonelaje de los productos que recibe o remite, como por haber sido la primera y la principal de las estaciones de la capital de la República, se clasifica entre las de 1.ª clase.

Su forma es sensiblemente rectangular, midiendo de N. a S. desde la plaza Argentina hasta la calle Iquique 1 400 m. y de E. a O. desde la calle Exposición hasta la de San Borja 222 m. lo que hace un área de 310 800 m². Esto es hoy día,

pero el proyecto de transformación de esta estación confeccionado por el ingeniero de vías y obras nuevas señor Mate de Luna, consulta una prolongación hasta el Zanjón de la Aguada por el Sur para una futura estación de clasificación.

La estación Alameda es estación de tránsito de término y de empalme. Es de tránsito porque permite la circulación de trenes directos de la estación del Puerto a Talcahuano; de término para la mayoría de los trenes y de empalme para el ramal a San Antonio, pero propiamente Alameda es solo estación de término para este ramal y todos los servicios se hacen sobre esta base.

Por ser estación de principio y fin de itinerarios, tiene galpones para guardar coches y vagones, casas de máquinas, tornamesa etc. Además de vías cubiertas con sus respectivos andenes para el servicio de pasajeros donde se estacionan los trenes que llegan o salen. Hay además galpones para guardar los coches de pasajeros y varias líneas de servicio para armar y descomponer trenes y finalmente los edificios y maestranzas adecuadas para guardar y reparar las locomotoras que pernoctan en esas estaciones.

Por comodidad del servicio está dividida en 2 partes, una destinada a los pasajeros, el extremo Norte y la otra al despacho y recepción de mercancías, las del Norte al lado de la calle San Borja y las del Sur al costado de la calle Exposición, ambas subdivididas en bodegas remisoras y receptoras.

Según datos del Departamento de Transporte, el movimiento de carga de la Estación Alameda desde el 1.º de Septiembre de 1915 hasta igual fecha de 1916, ha sido el siguiente:

Carga recibida

Del Norte.....	135 000 t.		
Del Sur.....	278 000 t.	Por carros completos	173 162 t.
Del N. y del S. (animales)..	87 436 t.	» sobornal.....	327 274 t.
	500 436 t.		500 436 t.

Carga despachada

Al Norte.....	53 000 t.		
Al Sur.....	129 000 t.	Por carros completos.....	26 068 t.
Al N. y al S. (animales)....	79 448 t.	» sobornal.....	165 380 t.
	261 448 t.		261 448 t.

Como se vé, el 18% de la carga recibida y el 30% de la despachada, no puede indicarse con exactitud el sentido por no haber documentación necesaria, pero por la naturaleza de la carga se puede apreciar con bastante aproximación lo que se transporta en cada sentido,

DEL CAPITULO III

Elección del tipo mas apropiado

Según la obra «Eisenbahn Technik der Gegenwart» pág. 97, para el servicio de maniobra en las estaciones, las administraciones europeas emplean generalmente tipos antiguos de locomotoras excluidas de la línea, principalmente de locomotoras-ténder para F. F. C. C. secundarios. En caso de no haber las anteriores se emplean locomotoras ténder tipo 0-6-0 con más o menos 14 t. por eje.

Para elegir el tipo más apropiado para una locomotora de maniobra para el patio de carga de la Estación Alameda, me he fijado el siguiente

PROGRAMA

Que sea una locomotora:

- 1) Relativamente pequeña (para no entorpecer la vista).
- 2) De mucha adherencia.
- 3) De mucho esfuerzo de tracción con poca velocidad.
- 4) De fácil manejo, (sencilla).
- 5) De igual facilidad para andar hacia adelante y hacia atrás, (simetría).
- 6) De fuerte par de arranque para la rapidez de las partidas, (luego cilindros relativamente grandes.)
- 7) De base rígida no muy grande para su fácil inscripción en las curvas de menor radio que toleren los vagones.
- 8) De hogar y parrilla apropiados para quemar carbón nacional.

Con arreglo a la fuerza generadora de movimiento desecharemos:

1) Las locomotoras de maniobra petróleo-eléctrica sistema Piepert como las usadas por el Estado Belga, y las de gasolina eléctricas y benzol-eléctricas por no haber tracción eléctrica en los F. F. C. C. del E.; y por no innovar demasiado y dar una solución práctica, desecharemos también:

2) Locomotoras de combustión interna con motor Diesel. (Véase O. F. d. E. 1913 pág. 422),

3) Locomotoras de alcohol desnaturalizado y carburado con 50% de benzol.

4) Locomotoras de petróleo.

5) Locomotoras de gas con motores de bencina, benzol, petróleo o naftalina.

6) Locomotoras de gas acetileno disuelto en partes iguales de acetona.

hemos considerado como tipo para locomotora de maniobra:

a) Locomotoras de aire comprimido.

β) Locomotoras de vapor de agua sin hogar.

γ) " " " " " " con " "

α) LOCOMOTORAS DE AIRE COMPRIMIDO.—Constan de un depósito de aire en presión (56 atms. algunas veces) que escapa a los distribuidores y cilindros parecidos a los de la máquina de vapor. Las que tienen distribución completa, llevan generalmente un calentador en el depósito intermedio para evitar las bajas temperaturas en el cilindro de baja presión. Este calentador puede ser una corriente de aire. Al salir del depósito a elevada presión, una válvula la reduce a 17 atms. antes de lanzarse al cilindro de alta presión al través de un regulador. La temperatura del aire al salir del cilindro de alta llega a ser -70° . Con el calentador se logra que entre el cilindro de baja de $6^{\circ}/7^{\circ}$ siendo 16° la temperatura exterior. La instalación ad hoc comprende 2 compresores que comprimen aire a 150 atm. con un consumo de 220 H.P. La batería de acumuladores de aire, tiene 20 m^3 de capacidad y es alimentada por aquella así como los depósitos de las diferentes locomotoras. (En las 5 del túnel del Mont d'or llevan aire a 135 atm.

Los inconvenientes por los que he desechado la adopción de una locomotora de aire comprimido son:

- 1) Habría que cambiarlas todas las actuales locomotoras a fuego para que valiera la pena la instalación de los compresores.
- 2.º) La instalación especial de los compresores.
- 3.º) Podría quedar encerrada en las maniobras.

β) LOCOMOTORAS SIN HOGAR.—(De «Eisenbahn Technik der Gegenwart»; Del «Manual del Ingeniero de Locomotoras»; y del Catálogo 855 O. K. — A. K. Berlin, fig. 91304).

Las locomotoras sin hogar fueron inventadas en 1872 por el americano Dr. Lamm y fueron perfeccionadas por el ingeniero francés Léon Francq.

Se basan en la capacidad del agua de absorber cierta cantidad de calor y devolverla para la producción de vapor de esta agua. Se sabe que el agua es el cuerpo susceptible de almacenar más calor a igualdad de temperatura. (~ 1 caloría/grado). Al caer la tensión, supongamos de 15 atm. (199° a 14 atm. (195°,5) quedan disponibles:

Por 1 K. de agua $\cong 199-195,5 \cong 3,5$ calorías $q = t + 0,000012 t^2 + 0,0000003 t^3$
 » 1 K. » vapor = $667,2-666,1 = 1,1$ » $Q = 606,5 + 0,305 t$.

lo que hace ver la importancia de tener un gran volumen de agua en esta calderas porque actúa como acumulador de calor, siendo necesario solo un pequeño descenso de presión para obtener la producción necesaria de vapor.

El agua ocupa los $\frac{3}{4}$ del volumen de la caldera de la locomotora (caldera Lamm) que está perfectamente aislada y protegida contra la radiación. El agua de la caldera Lamm es calentada por la introducción por medio de un serpentín de vapor de mucha tensión proveniente de una caldera fija. Después de haber la locomotora ejecutado cierto trabajo, maniobras que pueden durar algunas horas,

hay que dar al agua calor de nuevo y entonces vuelve la locomotora a donde está la caldera fija, donde absorbe nuevamente vapor.

Si t_1 y t_2 son los grados de calor que corresponden a las cantidades de vapor Q_1 y Q_2 , entonces según la teoría de la termodinámica:

$$\frac{t_1 - t_2}{t_1} = 1 - \left(\frac{871 - Q_2}{871 - Q_1} \right) 1.44$$

La cantidad de vapor desarrollado de 1 K. de agua recalentada es tanto menor cuanto mayor es la presión bajo la cual está el agua. Mientras, según esa fórmula con la presión en la caldera de 14 atm. (195°5) solamente son producidos 0,0068 K. de vapor; esta cantidad sube con 2 atms. (120°) a 0,148 K.

El agua no se calienta más que con 199° (15 atm.) y se aprovecha hasta 135° en que produce todavía vapor de 3 atmósferas. Esta presión basta todavía para vencer las resistencias propias de la locomotora; llegando a esta presión, la locomotora tiene que volver a la instalación de la caldera para renovar el vapor; aquí se reemplaza el calor gastado y el agua evaporizada.

El cálculo de una locomotora sin hogar, se efectúa del modo corriente, admitiendo una presión en la caldera de 7 atm. (165°4).

Las locomotoras sin hogar se usan por su modo de trabajar sin humo en los F. F. C. C. urbanos franceses y por su seguridad contra el fuego como locomotora de campo en las plantaciones de arroz y caña de azúcar; también son indispensables como remolcadoras auxiliares en las fábricas de productos químicos, fábricas de pólvora e instalaciones de galpones y en general donde el fuego puede constituir un gran peligro. En Alemania se han construido en gran número:

Las ventajas de una locomotora sin hogar para ciertas explotaciones son:

- 1.º Seguridad absoluta contra incendios y explosiones de la caldera.
- 2.º Supresión de las molestias del humo, hollín y pavesas encendidas.
- 3.º Se puede dejar la locomotora sin custodia bajo vapor (en presión) porque la presión en la caldera no puede aumentarse sino solamente disminuir.
- 4.º No hace falta limpiar la caldera.
- 5.º La locomotora es más rápidamente lista para entrar en servicio porque no hace falta ni encender ni cuidar del fuego.
- 6.º Sencillez en la manipulación, no hace falta un maquinista o un fogonero aprobado; la máquina puede ser manejada por un simple obrero.
- 7.º Para las inspecciones interiores prescritas por la ley, el interior de la caldera es fácilmente accesible por el «trou d'homme».
- 8.º Servicio muy económico en virtud del empleo de vapor de calderas estacionarias sirviendo para llenar la locomotora.
- 9.º Gastos muy pocos para reparaciones y conservación.

A pesar de estas ventajas no he adoptado una locomotora sin hogar porque:

1.º Habría que cambiar todas las locomotoras de maniobra de la estación Alameda para que valiera la pena la instalación de una caldera fija.

2.º Dejan poca vista una gran caldera como la de estas máquinas.

3.º Podría quedar encerrada en una línea al concluir el vapor y para que llegara la locomotora a la caldera fija habría que hacer maniobras inútiles.

γ) LOCOMOTORA CON HOGAR—Siendo tan limitado el campo de acción de una locomotora de maniobra y la facilidad que tiene de renovar sus provisiones, se vé a primera vista que el tipo más apropiado de máquina de vapor con hogar para cumplir con el programa fijado, es el de una locomotora ténder; para tener el máximun de adherencia posible, todas sus ruedas deben ser acopladas; (4, '8 o más comunmente 6) luego todo en peso es adherente como se le exige un gran esfuerzo de tracción con débil velocidad, estas ruedas acopladas deben ser de pequeño diámetro. Para la rapidez de las partidas, sus cilindros serán relativamente grandes. Como se maniobra incesantemente con el regulador y el cambio de marcha, conviene que estas operaciones sean fáciles y rápidas, es por eso que se prefiere a menudo la palanca de cambio de marcha, al tornillo para estas máquinas. El freno debe aplicarse facilmente. el más simple y el más cómodo es el de hacer apretar los chocos por medio de un cilindro de donde se envía el vapor obrando una válvula.

La primera locomotora ténder fué construida en 1837 por el Doctor Church. de Birmingham y era de 4 ruedas. Esta clase de locomotoras presenta en comparación con las máquinas con ténder las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas.—1.º Haciendo cargar a la locomotora misma con sus provisiones de agua en los costados de la caldera o debajo de ella o simultáneamente en los costados y sobre la caldera en forma de silla como en las locomotoras de la «Lima Locomotive & Machine y C.º y haciendo cargar el combustible detrás de la garita del maquinista, se suprime el ténder o sea un peso muerto de remolque obligado, reducción de peso muy importante en las fuertes rampas o con trenes muy pesados

2.º Suprimido el ténder, la máquina queda más corta (menor longitud de separación de los ejes extremos) más compacta, más cómoda para las maniobras en las estaciones, además encuentra más facilmente tornamesas donde girarla. El tender separado no puede desengancharse sino en 15'20 minutos comprendiendo el tiempo del enganche del nuevo.

3.º El peso del agua y del combustible son utilizables como peso adherente.

4.º El peso muerto es menor, luego es menor su costo, aunque por llevar la locomotora misma sus provisiones hay que reforzar el marco y los ejes, pero ésto contribuye al mayor peso adherente.

5.º Para medianas y grandes velocidades están dispuestas de modo que circulen tan bien en un sentido como en el otro, lo que es muy útil para los servicios de empalme y de contorno. (Además hay algunas que llevan topes y aún rompas en ambos extremos). Las locomotoras con ténder separado no pueden e-

var éste adelante sino con velocidades muy pequeñas por su tendencia al desrielo o porque el maquinista no puede vigilar la vía.

Desventajas.—1.º Reducción del peso adherente (y por consiguiente de la adherencia y del esfuerzo de tracción) a medida que se van consumiendo las provisiones de combustible y agua.

2.º No pueden ser locomotoras de gran potencia porque se alcanza fácilmente el límite admisible para el peso de la máquina sola y no se le puede agregar el peso del combustible para una gran producción, lo que también impide hacer un gran recorrido, aún con potencia media.

3.º Tiene tendencia marcada el movimiento lacet,

Las locomotoras ténder se dividen en 3 categorías:

1) Locomotoras ténder para trenes de pasajeros o de carga de grandes líneas.

2) Locomotoras ténder de doble potencia para líneas secundarias.

3) Locomotoras ténder de maniobras.

Hay que agregar que las locomotoras industriales son siempre máquinas ténder.

También hay que agregar que las locomotoras-ténder pueden ser articuladas.

Dos procedimientos se proponen en la práctica para disminuir la condensación en los cilindros. El vapor sobrecalentado y el sistema compound. He adoptado el 1.º y rechazado el 2.º

LOCOMOTORAS DE VAPOR RECALENTADO.— Fueron inventadas por el ingeniero Guillermo Schmidt de Wilhelmshöhe (Cassel). En estas locomotoras, el vapor generador en la caldera es sobrecalentada antes de entrar en los cilindros. En materia de recalentamiento, se ha llegado a 203º (16 atmósferas) y no falta quien diga que se ha ido demasiado lejos en esta materia, a lo menos desde el punto de vista termodinámico, dado que los escapes y los fenómenos de radiación son más intensos.

El uso del sobrecalentador (Sea o no Schmidt, Pielock, Golsnorf, Cockerill, en serpentín etc. etc.) recomendado por el Congreso de F. F. C. C. de 1900, tiene las siguientes ventajas.

1.º No se gasta vapor inutilmente, pues estando el vapor tanto más lejos de su punto de liquefacción, cuanto más elevado es su recalentamiento tiene menos tendencia a la condensación, remediando el defecto de la adiabaticidad de las paredes del cilindro.

2.º Mejor rendimiento, se sabe que el rendimiento técnico de un ciclo aumento con el salto o desnivel térmico, así en el ciclo de Carnot.

$$P = \frac{\text{trabajo producido}}{\text{calor gastado}} = \frac{\frac{1}{425} T}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{t_2}{t_1}$$

En nuestro caso, la temperatura inicial está aumentada, la final permanece la misma luego hay mayor cantidad de calor y luego hay mayor rendimiento.

3.º Para un mismo trabajo, la máquina con sobrecalentador consume menos carbón y menos agua / H.P. hora que las de vapor saturado de igual tipo y hasta 15% menos carbón y hasta 30% menos agua que una máquina compound semejante. Hay menor consumo de carbón porque para transformar 1 K. de agua en vapor de 7 atm. (165°,4) hay que desarrollar 657 calorías o sea 93,8 calorías / atm. mientras que para transformar 1 K. de agua en vapor de 14 atmósf. (195,5º) hay que desarrollar 666 calorías o sea 47,6 calorías / atm. luego el empleo de vapor de 14 atms. con relación al de 5 atm. da una economía de 5'º%. (Ver. Santa María, III, 134), Hay menor consumo de agua porque el vapor sobrecalentado tiene menor densidad a igual presión luego con menos peso de vapor se tiene igual volumen.

4.º) El vapor sobrecalentado tiene una fluidez que se acerca a la de los gases perfectos luego las pérdidas de carga por las transmisiones de las tuberías son menores y las caídas de presión a la entrada de los cilindros son menores, el período de admisión es mayor y la presión media del cilindro se mantiene más elevada.

5.º) La ventaja principal de la adición del sobrecalentador consiste en el aumento en un 20% de la potencia, mediante un pequeño aumento en el peso del generador y el que se necesita para mejorar los mecanismos y organismos de las locomotoras; luego con potencias iguales, se reducen los consumos de agua y combustible; economía que se acentúa con el mayor sobrecalentamiento del vapor y mayor potencia de la locomotora y que compensa los gastos suplementarios de construcción y conservación del sobrecalentador y el aumento de lubricación.

Por eso desde 1902, la administración de los F. F. C. C. del E. Prusiano se ha pronunciado a favor de la locomotora de dos cilindros siguiendo el principio de Garbe que *«conviene aprovechar las ventajas del vapor sobrecalentado para hacer volver a los mecanismos de las locomotoras a su simplicidad primitiva suprimiendo las complicaciones de la doble expansión»*. (Santa María, III, 224).

En el año 1912 en los F. F. C. C. del E. Prusiano —Hessiense a continuación del ensayo de la locomotora-ténder de maniobra 0-8 0 descrita en la página... se ha tenido la intención de proveer de sobrecalentador a estas locomotoras porque se ha reconocido que el sobrecalentador aplicado a las locomotoras de maniobra procura una economía de carbón y agua muy superiores a la obtenida en las locomotoras del servicio de trenes de pasajeros y de carga. (V. Révue Générale des Chemins de Fer, 1912--2--pág. 186.)

Como consecuencia de la 1.ª) ventaja de usar vapor recalentado resulta otra ventaja especial para una locomotora de maniobra y es que siendo el agua de purga casi nula, el regulador puede ser abierto más ligero que en las locomotoras de vapor húmedo y por esta causa puede remolcar diariamente 20/25% más vagones que una locomotora de igual tipo y potencia, pero trabajando con vapor húmedo, como se ha comprobado en una locomotora de maniobras del «Illinois Central Railway».

LOCOMOTORAS COMPOUND.—La primera locomotora compound de 2 cilindros fué construida por Anatole Mallet en 1876 para el ferrocarril Bayonne Biarritz, y la 1.^a compound de 4 cilindros por Henry de Glehn en 1885.

En el sistema compound, el vapor obra primero á plena admisión sobre un cilindro de alta presión o pequeño cilindro, de ahí escapa al receiver, conservando una cierta presión y acaba por expandirse en un segundo cilindro de baja presión ó gran cilindro.

Se sabe que el trabajo del vapor en los cilindros es tanto más económico cuanto más elevada es la presión inicial del vapor y cuanto mayor sea su expansión, luego una locomotora compound debe ser más económica que una locomotora corriente que casi no tiene expansión. Sin embargo, la aplicación del sistema compound á las locomotoras, no ha traído una economía tan grande como en las máquinas fijas y en las marinas. Por eso la locomotora de simple expansión coexiste con la compound. Esto se debe:

1.º A la frecuencia y amplitud de las variaciones del trabajo de la locomotora.

2.º Al régimen relativamente económico de las locomotoras a simple expansión sobre todo si se toma en cuenta su simplicidad.

El sistema compound no da buena marcha con grandes velocidades, pero el el mejor procedimiento para acrecentar el momento motor en las partidas, subidas de rampas y remolque eventual de trenes pesados pero lentos; sin que el consumo de vapor se eleve demasiado. El máximo de ventaja que ofrece el sistema compound es para las máquinas llamadas a marchar frecuentemente con grandes admisiones y moderadas velocidades del pistón. Esto se debe á que el máximo de velocidades de una máquina compound, no aumenta en la misma proporción que en las de simple expansión cuando se disminuyen progresivamente las cargas arrastradas, ya que en las compound la relación $\frac{dv}{dt}$ es menor que en las de simple

expansión cuando v aumenta pero por la inversa $\frac{dt}{dv}$ es mayor. Por eso la locomotora compound es la indicada para el servicio de trenes pesados y poco veloces como es el caso de una locomotora de maniobra.

Comparando una locomotora compound con otra de simple expansión, presenta entre otras ventajas las siguientes:

1.º Prolongación de la expansión lo que permite partir de presiones más elevadas.

2.º Reducción de las condensaciones del vapor durante la admisión por la reducción del desnivel térmico en cada cilindro.

3.º La disminución de fatiga de los órganos del mecanismo, el equilibrio parcial de los órganos alternativos, las menores variaciones del esfuerzo motor al rededor del eje motor.

4.º Economía de combustible que puede llegar á 20%, economía que dismi-

nuye con el aumento de velocidad. El consumo de vapor seco varía por H. P. indicado,

hasta 3 vueltas/seg.	9 10 k.
de 3/5 » »	10/11 k.

A pesar de estas ventajas no hemos elegido el sistema compound para la locomotora de maniobra que estudiamos.

1.º *Porque la mayor sencillez posible es una de las condiciones primordiales de una locomotora de maniobra* y el manejo de la máquina de simple expansión es más fácil que el de la compound y por consiguiente puede confiarse á maquinistas menos expertos sin temor de ver perder la utilización económica por causa del mal manejo, lo que puede pasar con la compound.

2.º Teniendo la locomotora compound mayor número de organismos, (receiver, intercepting valve, & &.) hay aumento de resistencias orgánicas, resistencia que se eleva, comparando los resultados de las experiencias de Desdouts y las de Barbier, en 0,8 k/t.

3.º El gasto de grasa es sencillamente menor en la de simple expansión.

4.º El gasto de lavado y mantención corrientes, es menor en las de simple expansión; y se economizan además todos los gastos que ocasionan los ejes acodados de las compound.

5.º El capital de primera instalación es menor con la simple expansión.

Como datos ilustrativos diré que no he encontrado ninguna locomotora compound de maniobra en las administraciones europeas ó norte-americanas y que en los Ferrocarriles del Estado de Chile las locomotoras de carga N.º 241 y 242 primitivamente compound se las transformó en de simple expansión en aras de la sencillez.

FORMA RECOMENDADA PARA LA LOCOMOTORA PROYECTADA.

Las locomotoras ténders que hacen el servicio de formación de trenes en el patio de carga de la Estación Alameda van siempre seguidas de un carro auxiliar, lo que yo encuentro un absurdo. En este vehículo llamado «carro función» va un compartimento con carbón (lo que no es necesario para una locomotora-ténder, que ya tienen el propio) como también van los agentes de maniobra, la ropa de calle de los mismos y las herramientas indispensables para los casos de cortadura ó desrielo del tren, como ganchos, cadenas, planchas, pernos, & &.

Si para una locomotora-ténder le es inútil un carro auxiliar, llámese éste «ténder» ó nó, con mayor razón lo es para una locomotora de maniobra, la que tiene siempre á mano sus provisiones, sin salir del recinto de la estación. Además, lejos de aumentar inútil y constantemente el peso del tren remolcado en 8 toneladas (que es lo que en total pesa el innecesario carro función), el peso de las

herramientas para los casos de accidente, debiera actuar en la locomoción de maniobra, aumentando así el peso adherente de ésta y así también el de los agentes. En la actual situación yo estimo que se tiene una locomotora-ténder seguida de un ténder, lo que es un absurdo y más aún tratándose de una locomotora para el patio de una estación.

Por eso es que la forma de locomotora que yo propongo, es distinta de la forma clásica que creara Stephenson y que hoy tienen la generalidad de las locomotoras a vapor y ya que una locomotora de vapor debe tener igual facilidad para moverse en ambos sentidos como en realidad lo hacen en las maniobras, continua é indistintamente, yo propongo para una locomotora de maniobra la forma de vagón, simétrica para ambos extremos sin «adelante» ni «atrás» ó mejor dicho: «siempre adelante». (Véase fig.; locomotora-ténder B. II. T. L. de la Westdeutsche Eisenbahn Gesellschaft).

Esta locomotora lleva en su centro una caldera vertical ganándose un buen campo de vista en ambas direcciones y haciendo posible el manejo de la máquina por un solo hombre. Con esta forma de locomotora yo suprimo el innecesario «carro función» pues como el caldero ocupa poco espacio se pueden llevar no sólo las provisiones propias de la locomotora sino también todo lo que en la actualidad lleva el «carro función».

El uso de caldera vertical en los Ferrocarriles es mucho menos generalizado que el de la caldera horizontal. La he visto aplicada en:

- 1) Locomotora Cockerill. (caldera Cockerill).
- 2) Locomotora industrial 0—4—0 de la «Société Française de Constructions Mécaniques» 1906. (caldera Field). Véase A. G. de Ch. de F., 1907, t. 2, pág. 224.
- 3) Automóviles á vapor (Dampftriebwagen) con caldera Kittel. (Véase «Die Eisenbahn Technik del Gegenwart» tomo IV. B. & C. edición 1907 pájs. 392/405 y el Catálogo de Calderas Esslingen, pág. 49).
- 4) Locomotora de maniobra de la «Westdeutsche Eisenbahn Gesellschaft» (1908), con caldera Kittel. (Véase E. T. d. G.; I, I, 1. pág. 110, ed. 1912). A la figura que acompaña el texto, yo propondría la modificación de agregarle el minimum de bastidores laterales á contar desde la altura de 1 m. del piso de la locomotora, para así tener el maximum de visibilidad; detalle que he observado en una locomotora Fairlie en que el techo va soportado por simples columnas de bronce. (Véase E. T. d. G. tomo IV. B. & C., fig. 429, pág. 376).

En cuanto al aparato de maniobra y al regulador, irán dispuestos de modo que el conductor pueda manejar los dos sin perder de vista la línea.

(Continuad)